

Innovación y perspectivas futuras en el diagnóstico de las enfermedades vasculares

E. Puras-Mallagray

Introducción

El espectro de las enfermedades vasculares incluye la enfermedad vascular periférica en miembros superiores e inferiores, la estenosis carotídea que predispone a accidentes cerebrovasculares, la patología aneurismática de la aorta y de las arterias periféricas, el tromboembolismo venoso, la insuficiencia venosa crónica y las venas varicosas. Todo ello abarca una cantidad enorme de conocimientos médicos entre los que, sin lugar a dudas, las diferentes técnicas de diagnóstico desempeñan un papel fundamental.

En los últimos años hemos ido elaborando el concepto de aterotrombosis, que implica la comprensión por parte del médico de la manifestación sistémica de una patología que se extiende más allá de la sintomatología clínica de la isquemia arterial en un solo territorio. Las técnicas de diagnóstico actuales nos ayudan a conocer, cada vez de forma más rápida y precisa, la extensión corporal de esta enfermedad y cómo otros territorios pueden estar afectados por esta patología.

A pesar de que la prevalencia de la enfermedad vascular periférica en Europa y Estados Unidos se es-

tima aproximadamente en 27 millones de personas, esta patología permanece hoy por hoy infradiagnosticada e infratratada [1]. La prevención de muerte ligada a la detección temprana del aneurisma aórtico está sobradamente demostrada, al igual que la detección temprana de una estenosis crítica carotídea asintomática, en cuanto a la prevención del accidente isquémico cerebral mediante la endarterectomía carotídea. El papel actual y futuro del diagnóstico vascular no debe pues quedarse anclado en el diagnóstico de los pacientes sintomáticos y debe extenderse de manera más amplia hacia la detección temprana de la patología vascular. En este sentido, la ultrasonografía desempeñará un papel fundamental.

Muchos de los avances de las técnicas de cirugía vascular modernas son reflejo de las mejoras habidas en las técnicas diagnósticas. Ciertamente, la revolución endovascular experimentada por nuestra especialidad ha sido posible fundamentalmente por las innovaciones en las técnicas de ultrasonidos, de tomografía computarizada (TC) y en las imágenes obtenidas por resonancia magnética (RM). Los progresos obtenidos en el diagnóstico de las patologías vasculares con estas metodologías han dejado a la angiografía convencional como una técnica reservada de manera casi exclusiva al intervencionismo [2].

En los próximos años, estos avances continuarán y afectarán de una manera u otra la forma de manejar a nuestros pacientes, y harán más preciso y eficaz to-

Servicio de Angiología y Cirugía Vascular. Hospital Universitario Fundación Alcorcón. Alcorcón, Madrid, España.

Correspondencia: Dr. Enrique Puras Mallagray. Servicio de Angiología y Cirugía Vascular. Hospital Universitario Fundación Alcorcón. Budapest, 1. E-28922 Alcorcón (Madrid). E-mail: epuras@fhalcon.es

© 2009, ANGIOLOGÍA

do el proceso diagnóstico-terapéutico llevado a cabo por el colectivo de cirujanos vasculares. En este capítulo se describen los métodos diagnósticos utilizados hoy en día para la evaluación de la patología vascular, el grado de confianza diagnóstica de cada uno de los métodos y los avances que en un futuro inmediato se incorporarán.

Diagnóstico analítico de factores de riesgo. Medicina traslacional

La trascendencia de medir un determinado marcador deriva de su utilidad para predecir el desarrollo ulterior de enfermedad cardiovascular en pacientes asintomáticos, para determinar el pronóstico en pacientes con enfermedad establecida o para individualizar el tratamiento. Para que un nuevo factor de riesgo pueda incorporarse a la práctica clínica habitual es necesario, pero no suficiente, que se asocie significativamente a la incidencia de enfermedad vascular. En los últimos años se han descrito muchos factores con una asociación positiva al riesgo vascular en estudios prospectivos. No obstante, para que se consideren útiles en la práctica diaria se precisa que el incremento del valor predictivo sobre los factores de riesgo tradicionales sea clínicamente relevante, que su relación con el desarrollo de la enfermedad vascular sea potente y consistente en estudios prospectivos realizados en poblaciones diferentes y en subgrupos diversos de una misma población, y que su determinación sea accesible, precisa y esté estandarizada [3].

En la evaluación diagnóstica de los factores de riesgo cardiovascular es evidente que, en los próximos años seguiremos solicitando a nuestros pacientes analíticas con las que poder diagnosticar estados de hipercolesterolemia, elevación de las cLDL, estados de diabetes o factores ligados a situaciones de hipercoagulabilidad. Además de esto, numerosos marcadores séricos se han propuesto en los últimos años como predictores de atherosclerosis y de su complica-

ción aterotrombótica, entre los que se incluyen marcadores de inflamación como la proteína C reactiva (PCR) o las interleucinas y marcadores de trombosis como el fibrinógeno o el inhibidor del activador del plasminógeno I (PAI-I) [4]. Entre todos ellos, el más estudiado es la PCR. Ésta es un reactante de fase aguda que sirve como marcador inflamatorio. Se produce fundamentalmente en el hígado, en respuesta a la interleucina 6. Algunos autores han descrito varios mecanismos (oxidación de LDL, disminución de la producción de óxido nítrico, producción de factor tisular, producción de PAI-I, activación del complemento, etc.) por los que la PCR podría influir directamente en la vulnerabilidad vascular, por lo que no sería solamente un marcador pasivo del proceso inflamatorio [5], aunque el tema está todavía por aclarar [6].

En sujetos en prevención primaria se han descrito más de una docena de estudios prospectivos en los que la concentración de PCR es un robusto predictor de futuros eventos coronarios, ictus, enfermedad arterial periférica, insuficiencia cardíaca congestiva y mortalidad cardiovascular [4]. Al utilizar la determinación de PCR ultrasensible se consideran valores < 1, 1-3 y > 3 mg/L como de bajo, medio y alto riesgo cardiovascular, respectivamente, aunque el gradiente de riesgo cardiovascular es continuo a lo largo de todo el espectro de valores mensurables. La concentración de PCR puede ser un marcador de atherosclerosis subclínica, ya que su concentración se correlaciona con el grosor íntima-media [7] y con el grado de calcificación de las arterias coronarias [8]. En pacientes en prevención secundaria, la PCR predice el riesgo de un nuevo evento, tanto en sujetos con enfermedad coronaria estable como en sujetos con un síndrome coronario agudo [8]. Para algunos autores, la concentración de PCR podría añadir información a la estimación del riesgo coronario calculada mediante el algoritmo de Framingham, especialmente en los sujetos con riesgo intermedio [9].

Los futuros avances en el área de diagnóstico analítico se engloban en el concepto de medicina

traslacional, es decir, en el objetivo de facilitar la transición de la investigación básica *in vitro* y en animales en aplicaciones que redunden en beneficios de salud [10]. Las ‘ómicas’ son las ciencias biológicas que estudian los genes y sus productos iniciales (transcritos de ARN) y finales (proteínas), así como los productos participantes o derivados (metabolitos) de los procesos metabólicos en los que intervienen las proteínas. La incorporación de la metodología ‘ómica’ al estudio de las enfermedades humanas ha modificado sustancialmente el enfoque biológico de éstas y ha estimulado enormemente la investigación de nuevos mecanismos, biomarcadores y dianas terapéuticas [11]. Se denomina genómica al estudio de la organización molecular del ADN y su cartografía física, y su interés se centra en la determinación de las funciones de los genes. La proteómica se define como el estudio del proteoma o conjunto de todas las proteínas presentes en una célula concreta en un momento determinado. El proteoma muestra variaciones en función del estadio de desarrollo, el órgano, el gasto metabólico, la salud del organismo, etc. Mientras que el genoma no revela los detalles de la función de una célula, el estudio del proteoma tiene exactamente este objetivo.

En el momento actual se están desarrollando modelos prospectivos sobre perfiles de expresión genética y proteómica en sujetos sometidos a tratamientos por isquemia de miembros inferiores tanto a nivel de leucocitos totales como de monocitos, que ayuden a discriminar entre pacientes en los que la revascularización tanto con angioplastia endovascular como con *bypass* pueda fracasar o, por el contrario, se mantenga permeable. De esta manera, sería posible usar estos conocimientos diagnósticos para modificar la selección de pacientes para un determinado tratamiento, dictaminar qué tipo de estrategia sería más conveniente en un paciente determinado o seleccionar tratamientos potenciales que promovieran una respuesta (p. ej., antiinflamatoria) que mejorara el provenir de una reparación vascular. En definitiva,

usar esta información preintervención para guiar el tratamiento y las decisiones que se deben tomar de una manera prospectiva.

El laboratorio vascular y los test no invasivos

Ultrasonografía

La evolución de los laboratorios vasculares en las últimas décadas ha marcado, sin duda, un antes y un después en la práctica de la cirugía vascular. El primer laboratorio vascular específicamente diseñado para el estudio de la circulación periférica en el ser humano fue establecido por Linton y Simeone en el Massachusetts General Hospital en el año 1946 [12]. El índice tobillo-brazo, propuesto por Winsor en 1950 [13], se mantiene en la actualidad como el marcador diagnóstico y pronóstico más utilizado en patología vascular arterial de miembros inferiores. Pero, sin duda, fue la introducción del dúplex *scan* en 1979 por Strandness y Phillips la que marcó un cambio en la escena de los tests no invasivos. La imagen en alta resolución en modo B, el color y el análisis espectral son de aplicación en prácticamente todos los segmentos de la patología vascular y ayudan a la monitorización de muchas de las reconstrucciones quirúrgicas y tratamientos endovasculares. Como resultado de ello, muchos de los tests de valoración hemodinámica indirectos han desaparecido de los laboratorios vasculares. El reconocimiento de la importancia de los laboratorios vasculares, de los test de evaluación hemodinámica no invasiva, llevó al Capítulo de Diagnóstico Vascular No Invasivo de la Sociedad Española de Angiología y Cirugía Vascular a la elaboración de los exámenes de acreditación personal y, en un segundo momento, a la acreditación de laboratorios vasculares, dentro de un marco que en un futuro debería reconocerse en el programa de la especialidad como uno de los requisitos para la formación MIR de cirujanos vasculares.

La utilidad de los ultrasonidos hace que actualmente su aplicación abarque prácticamente todo el espectro de la patología vascular y es muy probable que en los próximos años su uso se extienda muy por encima de los niveles actuales. Así, han alcanzado la máxima utilidad en el marcaje arterial preoperatorio previo a la cirugía de revascularización por isquemia de miembros inferiores. Diversos autores [14,15] han demostrado una correlación excelente entre el diagnóstico preoperatorio ofrecido por el dúplex en la identificación de los vasos distales que tienen que recibir un *bypass* y la arteriografía intraoperatoria, y han señalado como máximos inconvenientes actuales para esta técnica la calcificación arterial, los flujos bajos, el edema tisular, las ulceraciones de la extremidad y las dificultades para identificar la arteria peronea. De todos modos, la utilidad del dúplex ha consolidado esta tecnología como la forma ideal para el seguimiento de los *bypass* de los miembros inferiores [16]. En la patología carotídea, el dúplex es el procedimiento de elección tanto en el cribado como en el diagnóstico de pacientes sintomáticos [17]. Además, con el probable incremento de la terapia endovascular, esta tecnología se mantendrá como el elemento indispensable para juzgar de manera no invasiva la reestenosis *intrastent* [18]. Pero quizás lo que nos permitirá apreciar un mayor desarrollo en el dúplex carotídeo respecto a la situación actual será su capacidad de visualizar la estructura de la placa carotídea, su morfología y composición, tecnología que nos ayudará de manera significativa a tomar decisiones terapéuticas en casos determinados. Los estudios actuales ya muestran la clara correlación entre el análisis en modo B y la estructura histológica obtenida tras la endarterectomía [19]. Por último, nuestro grupo realiza desde hace años el control intraoperatorio de todas las reparaciones quirúrgicas carotídeas, y pensamos, junto con otros autores, que este estudio deberá implantarse en la mayoría de los centros que realizan estas técnicas quirúrgicas [20,21].

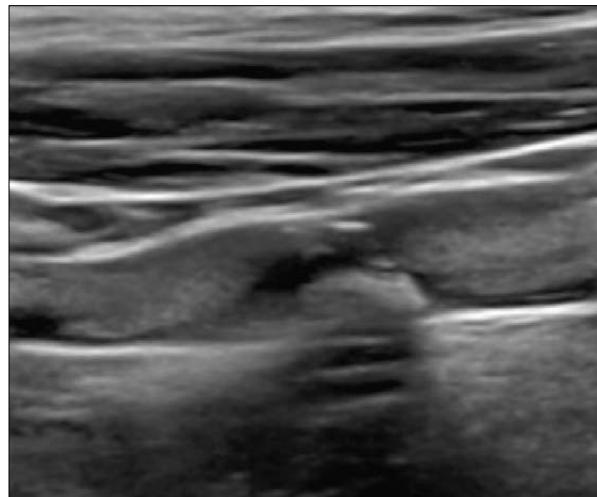


Figura 1. Imagen en modo B 3D de una carótida.

La administración de ecocontrastes en el seguimiento mediante dúplex de las reparaciones endovasculares de los aneurismas de aorta abdominal permite la eliminación de muchos seguimientos que previamente eran realizados mediante escáner, y así evita la morbilidad asociada a estas técnicas radiológicas. Diversos autores [22] han implementado protocolos en este sentido y es de suponer que este tipo de seguimientos se implantará como habitual en el futuro.

Otro campo de aplicación actual y de importante desarrollo para el futuro es la terapia guiada por ultrasonidos. La técnica de punción arterial para guiar el acceso arterial endovascular en sectores no afectados por una enfermedad o para la reparación eco-guiada de pseudoaneurismas, la implementación del dúplex en patología de la insuficiencia venosa como la ecoescleroterapia o la punción safena y guiado de las sondas de láser y de radiofrecuencia en cirugía de ablación térmica para varices han tomado el liderazgo en la práctica clínica desde hace poco tiempo. En un futuro veremos como la realización de angioplastias ecodirigidas y otras técnicas endovasculares y quirúrgicas serán realizadas con la ayuda de computadoras de realidad virtual en 3D, con una precisión ahora inimaginable.



Figura 2. Angio-TC de arterias cervicales, reconstrucción de volumen (Vital Images Europe).

En los próximos años, el futuro en el campo de innovación tecnológica para el dúplex se puede resumir en los siguientes puntos:

- Se está trabajando con imagen tridimensional en transductores lineales (Fig. 1).
- Adquisición de volúmenes para su posterior análisis y cortes tomográficos, similar a los actuales de TC-scan.
- Mejora de la sensibilidad del Doppler, tanto color como espectral, e imagen 2D con la utilización de nuevos transductores con sensores de cristal de onda pura (PureWave Crystal Technology).
- Desarrollo de nuevos *software* para posproceso de cálculos automáticos de IMT, estenosis, etc.

Ultrasonido endovascular. Histología virtual

El ultrasonido endovascular (IVUS) es capaz de diferenciar la pared vascular normal de la patológica, evaluar la distribución y composición de la placa de ateroma, definir con precisión el área sectorial de un va-

so y cuantificar el nivel de estenosis. Su aplicación actual a nivel vascular periférico abarca campos como la evaluación postangioplastia de miembros inferiores [23] o la ayuda intraoperatoria en el implante de endoprótesis de aorta, tanto por disecciones de aorta torácica como por aneurismas de aorta abdominal y especialmente en pacientes con fallo renal [24,25].

La miniaturización de las sondas de ultrasonido ha permitido la obtención de imágenes de la pared vascular, con información muy detallada de las placas de ateroma. La imagen típica del IVUS muestra la pared vascular en su verdadero nivel histológico. Los últimos avances en histología virtual proporcionan un mapa codificado de color de los diferentes componentes de la placa. Esta información nos indica el estadio al que ha llegado la placa de ateroma en su progresión. Durante el crecimiento de la placa se crea un núcleo necrótico lipídico que está recubierto por una fina capa de tejido fibroso. La ruptura de esta placa es la causa de trombosis del vaso. Al acceder a esta información mediante el IVUS, estaríamos en disposición de indicar el tratamiento según el estado evolutivo de la lesión, como por ejemplo decidir entre *stent* o endarterectomía o tratamiento médico en una carótida. Se está trabajando en ello [26,27] y es de esperar que la mejora tecnológica de estos sistemas y el abaratamiento de sus costes los conviertan en los próximos años en una herramienta valiosa en el arsenal diagnóstico vascular.

Angio-TC en el diagnóstico vascular

La angio-TC multidetector emplea múltiples detectores que a través de una rotación helicoidal colectan en breve espacio de tiempo bases de datos volumétricos. Una vez adquiridos estos datos, pueden ser configurados en formatos diversos (Fig. 2), que incluyen reconstrucciones multiplanares (RMP), proyecciones de máxima intensidad (PMI) y reconstrucciones de volumen (RV).

Debido a su relativa seguridad, a su excelente resolución espacial y al poco tiempo empleado en su

realización, la angio-TC es en estos momentos la modalidad diagnóstica de elección en todos los tipos de patología aórtica, que incluyen disecciones, aneurismas y enfermedad oclusiva [2]. En particular, este método diagnóstico ha asumido una importancia singular en la evaluación preoperatoria de pacientes programados a implante de prótesis endovasculares y en el seguimiento de estos dispositivos para evaluar la presencia de *endoleak* o crecimiento del saco aneurismático. Diversas empresas comerciales (Medical Media Systems, Vital Images, etc.) han desarrollado programas de *software* que permiten crear reconstrucciones tridimensionales y tomar medidas de manera muy precisa, que ayudan de manera definitiva en la correcta elección de los diámetros y longitudes del material que se debe implantar (Fig. 3). Estos desarrollos de imagen se implantarán en nuestra evaluación diaria de prácticamente todas las patologías arteriales y serán de gran ayuda en el planteamiento terapéutico que se presente al paciente.

Más impactante todavía resulta la integración de diversas tecnologías diagnósticas de navegación endovascular (angiografía por rotación y angio-TC) con métodos de robótica. Así, se están desarrollando sistemas que permiten la fenestración *in situ*, en casos de aneurismas con afectación visceral, mediante la localización espacial de vasos viscerales, la perforación de un injerto guiada por robot y la canulación a través del injerto del *stent* de una forma anterógrada; de esta manera, se superan las dificultades que se han observado con los injertos prefenestrados y probablemente permite que esta tecnología sea aplicable a una gama más amplia de pacientes, incluso aquéllos que requieran tratamientos urgentes.

Todas las empresas comerciales están desarrollando en estos momentos nuevos sistemas de angio-TC, que presentan mejoras importantes en la calidad y las características de la imagen.

General Electric trabaja en un nuevo detector que tiene el potencial de permitir visualizar la imagen de todo el cuerpo con un 30% más de claridad, 100 ve-

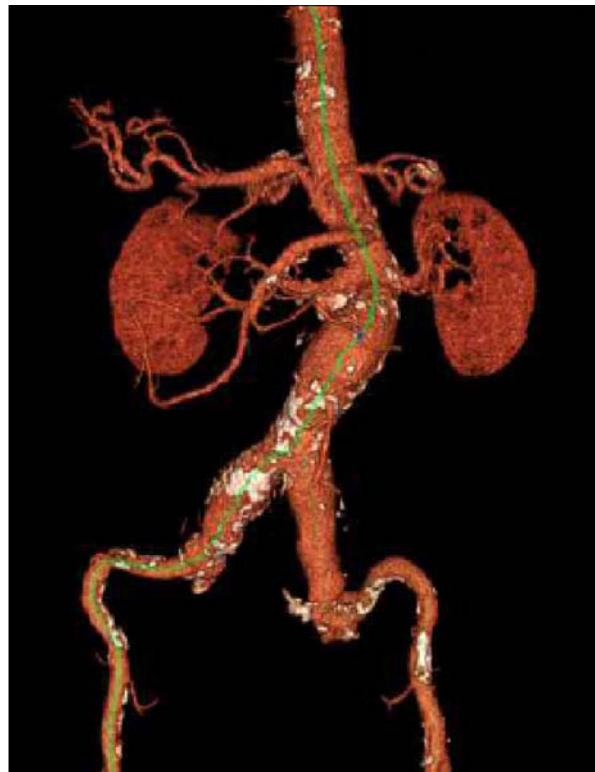


Figura 3. Angio-TC para estudio preoperatorio mediante endoprótesis en un caso de aneurisma de aorta abdominal (*software* de Vital Images Europe).

ces más rápido y con un 50% menos de dosis de radiación. Philips Medical Systems (Bothell, WA) ha introducido recientemente el 256 Brilliance iCT Scanner, que permitirá producir rápidamente imágenes de alta calidad, e incluirá una cobertura completa del corazón en dos latidos. Una de las ventajas de esta tecnología es que reduce la exposición a los rayos X y las dosis de radiación hasta en un 80%. El tiempo de exploración también es más rápido porque la grúa rota cuatro veces en un segundo, un 22% más rápido que los sistemas actuales. El Somatom Definición AS (EE.UU. Siemens Medical Solutions, Inc., Malvern, PA) ofrece una tecnología de adaptación de dosis, que dinámicamente bloquea dosis innecesarias antes y después de la espiral de exploración, y asegura que la única dosis aplicada al paciente es la dosis clínicamente relevante. Por último, Toshiba

Medical Systems, Inc. (Tustin, CA) ya ha introducido comercialmente su detector Aquilion 320-CT, un sistema que permite la adquisición temporal de la imagen de volumen para órganos en su conjunto, lo que resulta en la visualización de la dinámica de perfusión y flujo; se espera que los mayores beneficios se obtengan en las evaluaciones neuroangio-TC para el accidente cerebrovascular [28].

Angiografía por resonancia magnética

La angiografía por resonancia magnética (ARM) está considerada como una de las técnicas más seguras para proporcionar estudios diagnósticos del cuerpo humano. Actualmente la ARM proporciona imágenes fiables, no invasivas, sin exposición a fuentes de radiación y está establecida como un método diagnóstico muy sensitivo para el sistema vascular.

Entre los problemas actuales de la ARM está el tiempo que tarda en adquirirse la información y la necesidad de mantenerse inmóvil durante la exploración para obtener una resolución espacial buena. Sin duda, a medida que las mejoras tanto en el *hardware* como en el *software* sean más eficientes será posible reconstruir imágenes de alta resolución de manera independiente al tiempo de adquisición.

Quizás el problema más importante de esta técnica radica en la pérdida de señal distal o en el punto máximo de una estenosis arterial debido a las alteraciones del flujo en estos segmentos. Ello ha llevado a la sobreestimación de la patología arterial. La investigación técnica en la ARM está trabajando en la adquisición de imágenes, con una disminución del tiempo de eco que haga disminuir esta pérdida de señal y aumentar la calidad de la imagen, y sobre las técnicas de posprocesado con el mismo fin.

La introducción de contrastes como el gadolinio ha contribuido a una mejora espectacular en la calidad de las imágenes de la ARM, con un aumento de la resolución espacial, pero por el momento no iguala a la calidad obtenida con una angiografía. La literatura nos muestra que actualmente el uso de esta

técnica ofrece una sensibilidad excelente (97-100%) y una especificidad muy alta (95-99%) al ser comparada con la angiografía digital [30], y hace que la ARM se utilice cada día más en la evaluación de patologías arteriales en miembros, carótidas y estenosis de arterias renales. La investigación en este campo también sigue abierta, y en un futuro veremos cómo la aplicación de otros contrastes que se mantienen más tiempo en el torrente circulatorio mejorarán la resolución de la imagen [29]. Por otro lado, los problemas asociados a los posibles efectos nefrotóxicos del gadolinio, como la fibrosis nefrógena sistémica, ligada a pacientes con insuficiencia renal [31], probablemente desaparezcan con estos nuevos agentes.

Los avances de la ARM incluyen el desarrollo de sistemas de ARM en tiempo real para realizar reparaciones aórticas endovasculares [32,33] y la posibilidad futura de la ARM en 4D, que nos proporcionará imágenes tanto de la anatomía de los vasos como de un análisis cuantitativo de la velocidad de la sangre en éstos, y todo ello en las tres dimensiones del espacio. En el momento actual, la aplicación más en desarrollo para esta nueva tecnología se sitúa en el campo de los estudios quirúrgicos y de seguimiento de la reparación endovascular de los aneurismas aórticos.

Tomografía por emisión de positrones-scan en patología vascular

La tomografía por emisión de positrones (PET) es un método diagnóstico, desarrollado en la década de 1970, que crea imágenes tomográficas en alta resolución de la distribución de radionucleótidos que emiten positrones en estructuras diferentes del cuerpo humano. Los compuestos radiomarcados utilizados con este fin son sustratos de enzimas, ligandos de receptores, drogas, anticuerpos, neurotransmisores y otras biomoléculas que son trazadores de procesos biológicos específicos. Las imágenes de la PET resultantes se consideran 'imágenes funcionales' de estos procesos bioquímicos o fisiológicos. Los procesos bioquímicos generalmente preceden a los cam-

bios anatómicos visibles por otras técnicas. Actualmente, la PET se está investigando fundamentalmente en patología oncológica y ha tenido un impacto importante para verificar qué patología coronaria requiere revascularización [34].

El marcador más ampliamente disponible para el análisis de la inflamación en la placa es ¹⁸F-fluorodeoxiglucosa (FDG). La FDG es un análogo de la glucosa que es absorbida por las células que son metabólicamente activas, que de lugar a una acumulación del trazador intracelularmente. Se sabe que la FDG se acumula en zonas ricas en macrófagos de las placas de la carótida. Rudd et al [34] han demostrado que la inflamación de la placa ateroesclerótica puede ser fotografiada con la PET-FDG en pacientes sintomáticos con placas inestables, y esta vía de investigación probablemente generará en un futuro datos que nos hagan intensificar la terapia médica, quirúrgica o endovascular en pacientes con placas carotídeas 'inestables' por PET.

Otra área de utilización de la tecnología PET comprende el estudio de aneurismas para verificar el posible crecimiento o tendencia a la ruptura [35]. Con la TC, el riesgo exacto de ruptura del aneurisma aórtico abdominal (AAA) no se puede determinar. En la formación y ruptura de los AAA los procesos metabólicos que debilitan la pared aórtica, como la inflamación crónica y la proteólisis, tienen un papel fundamental. El aumento de metabolismo de los AAA en la pared puede ser visualizado por FDG y la PET. Además, la absorción de FDG por la aorta se ha correlacionado con la inflamación, con las características histopatológicas de inestabilidad de la pared del aneurisma y con los síntomas clínicos. Por lo tanto, después de una investigación más a fondo, la PET-FDG podría ser una nueva técnica diagnóstica

para evaluar la estabilidad de la pared AAA *in vivo* y, por consiguiente, puede contribuir a mejorar la predicción de los riesgos de ruptura de AAA [36].

Conclusiones para el futuro en el diagnóstico vascular

En el futuro seguiremos tomando decisiones terapéuticas basadas en la combinación de la situación clínica del paciente junto con una mayor cantidad de información que nos proporcionarán los métodos diagnósticos.

El futuro de la medicina translacional cambiará muy probablemente la manera de actuar en muchos campos de la medicina actual. Los métodos no invasivos de imagen nos proporcionarán una cantidad ingente de información y resultados que tendremos que aprender a combinar y procesar tanto desde un punto de vista funcional como anatómico. Surge así el nuevo concepto de 'imagen multimodal' referido a la síntesis de datos adquiridos e integrados a través de sofisticados métodos de *software* en un solo campo visual. Así, se está trabajando en la integración de la PET/angio-TC, de la PET/ARM o de la fluoroscopia/angio-TC con el uso de contrastes eficaces para ambas técnicas.

Inevitablemente, con todo ello deberemos cambiar nuestra percepción sobre el diagnóstico vascular que actualmente es analizado y a menudo proporcionado por otros especialistas en departamentos de radiología. El reto de los próximos años está en pasar a conocer y manejar de manera habitual las estaciones de posprocesado de imagen, para de esta manera tomar nosotros el liderazgo diagnóstico completo de nuestra especialidad.

Bibliografía

1. Halperin JL, Fuster V. Meeting the challenge of peripheral arterial disease. *Arch Intern Med* 2003; 163: 877-8.
2. Perry JT, Statler JD. Advances in vascular imaging. *Surg Clin North Am* 2007; 87: 975-93.
3. Mostaza JM, Lahoz C. 'New' cardiovascular risk factors: will they emerge or will go down? *Med Clin (Barc)* 2009, Apr 20. [Epub ahead of print].
4. Lahoz C, Mostaza JM. Atherosclerosis as a systemic disease. *Rev Esp Cardiol* 2007; 60: 184-95.
5. Libby P, Ridker PM, Maseri A. Inflammation and atherosclerosis. *Circulation* 2002; 105: 1135-43.
6. Smith GD, Timpson N, Lawlor DA. C-reactive protein and cardiovascular disease risk: still an unknown quantity? *Ann Intern Med* 2006; 146: 70-1.
7. Wang TJ, Nam BH, Wilson PW, Wolf PA, Levy D, Polak JF, et al. Association of C-reactive protein with carotid atherosclerosis in men and women: the Framingham Heart Study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2002; 22: 1662-7.
8. Bassuk SS, Rifai N, Ridker PM. High-sensitivity C-reactive protein: clinical importance. *Curr Probl Cardiol* 2004; 29: 439-93.
9. Cook NR, Buring JE, Ridker PM. The effect of including C-reactive protein in cardiovascular risk prediction models for women. *Ann Intern Med* 2006; 145: 21-9.
10. Bermejo J, Heras M, Segovia J, Alfonso F. Translational cardiovascular medicine. Now or never. *Rev Esp Cardiol* 2009; 62: 66-8.
11. Gonzalez A, López B, Beaumont J, Ravassa S, Arias T, Hermida N, et al. La genómica y la proteómica en la investigación de la insuficiencia cardíaca. *Rev Esp Cardiol* 2009; 62: 305-13.
12. Cranley JJ, Lohr JM. Evolution of the vascular laboratory. *J Vasc Technol* 2001; 25: 185-93.
13. Winsor T. Influence of arterial disease on the systolic blood pressure gradients of the extremity. *Am J Med Sci* 1950; 220: 117-20.
14. Luján S, Criado E, Puras E, Izquierdo LM. Duplex scanning or arteriography for preoperative planning of lower limb revascularisation. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2002; 24: 31-6.
15. Ascher E, Hingorani A, Markevich N, Costa T, Kallakuri S, Khanimoy Y. Lower extremity revascularization without preoperative contrast arteriography: experience with duplex ultrasound arterial mapping in 485 cases. *Ann Vasc Surg* 2002; 16: 108-14.
16. Davies AH, Hawdon AJ, Sydes MR, Thompson SG; VGST Participants. Is duplex surveillance of value after leg vein bypass grafting? Principal results of the Vein Graft Surveillance Randomised Trial (VGST). *Circulation* 2005; 112: 1985-9.
17. Sabeti S, Schillinger M, Mlekusch W, Willfort A, Haumer M, Nachtmann T, et al. Quantification of internal carotid artery stenosis with duplex US: comparative analysis of different flow velocity criteria. *Radiology* 2004; 232: 431-9.
18. Lal BK, Hobson RW II, Tofighi B, Kapadia I, Cuadra S, Jamil ZJ. Duplex ultrasound velocity criteria for the stented carotid artery. *Vasc Surg* 2008; 47: 63-73.
19. Lal BK, Hobson RW II, Hameed M, Pappas PJ, Padberg FT Jr, Jamil Z, et al. Noninvasive identification of the unstable carotid plaque. *Ann Vasc Surg* 2006; 20: 167-74.
20. Cancer-Pérez S, Perera M, Alfayate JM, Gutiérrez M, Puras E. Monitorización intraoperatoria y perioperatoria con eco-Doppler. *Sector carotídeo. Angiología* 2007; 59 (Supl 3): S3-11.
21. Mullenix PS, Tollefson DF, Olsen SB, Hadro NC, Andersen CA. Intraoperative duplex ultrasonography as an adjunct to technical excellence in 100 consecutive carotid endarterectomies. *Am J Surg* 2003; 185: 445-9.
22. Napoli V, Bargellini I, Sardella SG, Petrucci P, Cioni R, Vignali C, et al. Abdominal aortic aneurysm: contrast-enhanced US for missed endoleaks after endoluminal repair. *Radiology* 2004; 233: 217-25.
23. Von Birgelen C, Hartmann M. Intravascular ultrasound assessment of coronary atherosclerosis and percutaneous interventions. *Minerva Cardioangiol* 2004; 52: 391-406.
24. Garret HE Jr, Abdullah AH, Hodgkiss TD, Burgar SR. Intravascular ultrasound aids in the repair of abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 2003; 37: 615-8.
25. Bush RL, Lin PH, Bianco CC, Lumsden AB, Gunnoud AB, Terramani TT, et al. Endovascular aortic aneurysm repair in patients with renal dysfunction or severe contrast allergy: utility of imaging modalities without iodinated contrast. *Ann Vasc Surg* 2002; 16: 537-44.
26. Spagnoli LG, Mauriello A, Sangiorgi G, Fratoni S, Bonanno E, Schwartz RS, et al. Extracranial thrombotically active carotid plaque as a risk factor for ischemic stroke. *JAMA* 2004; 292: 1885-7.
27. Virmani R, Burke AP, Kolodgie FD, Farb A. Vulnerable plaque: the pathology of unstable coronary lesions. *J Interv Cardiol* 2002; 15: 439-46.
28. Allie D, Patlola R, Agostino I, Hebert CJ, Walter CM. Peripheral vascular CTA. Expanding the role of PV-CTA in the overall management of PVD. *Endovasc Today* 2008; 3: 46-91.
29. Baum RA, Rutter CM, Sunshine JH, Blebea JS, Blebea J, Carpenter JP, et al. Multicenter trial to evaluate vascular magnetic resonance angiography of the lower extremity. *American College of Radiology Rapid Technology Assessment Group. JAMA* 1995; 274: 875-80.
30. Nelemans PJ, Leiner T, De Vet HC, Van Engelshoven JM. Peripheral arterial disease: meta-analysis of the diagnostic performance of MR angiography. *Radiology* 2000; 217: 105-14.
31. Chewning RH, Murphy KJ. Gadolinium-based contrast media and the development of nephrogenic systemic fibrosis in patients with renal insufficiency. *J Vasc Interv Radiol* 2007; 18: 331-3.
32. Eggebrecht H, Zenge M, Ladd ME, Erbel R, Quick HH. In vitro evaluation of current thoracic aortic stent-grafts for real-time MR-guided placement. *J Endovasc Ther* 2006; 13: 62-71.
33. Guttman MA, Ozturk C, Raval AN, Raman VK, Dick AJ, De-Silva R, et al. Interventional cardiovascular procedures guid-

- ed by real-time MR imaging: an interactive interface using multiple slices, adaptive projection modes and live 3D renderings. *J Magn Reson Imaging* 2007; 26: 1429-35.
34. Gould KL. Positron emission tomography in coronary artery disease. *Curr Opin Cardiol* 2007; 22: 422-8.
35. Rudd JH, Warburton EA, Fryer TD, Jones HA, Clark JC, Antoun N, et al. Imaging atherosclerotic plaque inflammation with [18F]-fluorodeoxyglucose positron emission tomography. *Circulation* 2002; 105: 2708-11.
36. Reeps C, Essler M, Pelisek J, Seidl, Eckstein HH, Krause BJ. Increased 18F-fluorodeoxyglucose uptake in abdominal aortic aneurysms in positron emission/computed tomography is associated with inflammation, aortic wall instability, and acute symptoms *JVS* 2008; 48: 417-23.